

## Analysis of flooding in the south of Tabriz city and its effects on the implementation of the sixth section of freeway project of Urmia - Tabriz

Sara Kiani <sup>1</sup>✉, Ali Ahmadabadi <sup>2</sup>, Farzad Azariuon <sup>3</sup>

1. (Corresponding Author) *Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran*

Email: [kiani@khu.ac.ir](mailto:kiani@khu.ac.ir)

2. *Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran*

Email: [ahmadabadi@khu.ac.ir](mailto:ahmadabadi@khu.ac.ir)

3. *Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran*

Email: [farzadazaryon6372@gmail.com](mailto:farzadazaryon6372@gmail.com)

### Article Info

**Article type:**  
[Research Article](#)

#### Article History:

**Received:**

4 June 2024

**Received in revised form:**

27 August 2024

**Accepted:**

30 September 2024

**Available online:**

8 November 2024

#### Keywords:

*Tabriz-Urmia Freeway,  
Reasoning Method,  
Flood.*

### ABSTRACT

Estimating runoff potential is important in water resource management and designing transportation infrastructure and civil structures such as bridges and tunnels, especially at the intersection with natural surface water flow paths. In this study, the Tabriz-Urmia Freeway was designed in 6 sections to create a suitable route between Tabriz and Urmia and continue creating an east-west corridor from Tehran to the Bazargan border. The analysis of the impact of flooding on this project in the south of Tabriz is of particular importance as an applied research project. Therefore, in this study, the runoff generation capability, water flow capacity, and geometric dimensions of the embankments of the sixth section of the Tabriz-Urmia Freeway were evaluated for each sub-basin. To estimate the runoff, an inference method was used, and in the next step, considering the 100-year discharge, Manning coefficient 0.014, and longitudinal slope 0.025, the water flow capacity of the waterways was calculated, and finally the minimum standard of the waterways, including the length and width of the channel, was determined. The overall results indicate that considering the natural conditions of the sub-basins and the appropriate Manning coefficient and longitudinal slope, the dimensions of the channel should be considered for the discharge of the produced runoff. Accordingly, sub-basin number 10, with a larger area and a discharge of 38.29 cubic meters per second compared to other sub-basins, is proposed to have a wider depth and channel for guiding and discharging floods. It also shows that the area parameter has a greater effect on the flood potential among the parameters used in sub-basins.

**Cite this article:** Kiani, S., Ahmadabadi, A., & Azariuon, F. (2024). Analysis of flooding in the south of Tabriz city and its effects on the implementation of the sixth section of freeway project of Urmia - Tabriz. *Physical Geography Research Quarterly*, 56 (3), 11-131.

<http://doi.org/10.22059/jphgr.2024.371498.1007807>



© The Author(s).

**Publisher:** University of Tehran Press

## **Extended Abstract**

### **Introduction**

Given the importance of the water sector in the country's economic and social development, it is necessary to move water resources management towards integrated water resources management. For this purpose, we can only take steps towards integrated water management in the country by integrating hydrological and economic water information. Watershed management requires hydrological studies to understand the characteristics of the basin concerning the elements that constitute these characteristics and, in the meantime, to understand the characteristics of runoff in the basin as one of the most important ones. The shaping and impact of factors in the basin, as well as the prediction and estimation of surface flow discharge from it in geomorphology and the design of water transfer structures such as bridges, underpasses, etc., as well as finding a strong relationship between hydrological behavior and geological structure and using this relationship in studies, are important. Considering the design and implementation of the Tabriz-Urmia freeway and its passage through the mountainous watersheds south of Tabriz, as one of the most important and populous cities in the country, examining the flood situation of these basins and its impact on the aforementioned freeway is very important and doubles the necessity of carrying out the present project.

### **Methodology**

The study area in Tabriz city, East Azerbaijan province, includes the watershed south of Tabriz city, which discharges runoff from the northern slopes of the Sahand mountain range towards Tabriz city. The Tabriz-Urmia freeway is designed in 6 sections to create a suitable route between Tabriz city (the center of East Azerbaijan province) and Urmia (the center of West Azerbaijan province) and create an east-west corridor from Tehran to the Bazargan border. Estimating the potential for runoff production in hydrogeomorphological studies has various applications, including floods. In this regard, watersheds are often studied as study units. In this study, the geometric dimensions of the embankments

of the sixth section of the Tabriz-Urmia freeway, located south of Tabriz city, were investigated by evaluating the runoff production capability for each sub-basin and estimating the water passage capacity. For this purpose, the watershed leading to the freeway was extracted using a digital elevation model layer in the GIS software environment. Runoff for each sub-basin was estimated using an inference method using concentration time, runoff coefficient, and stream slope parameters. For 11 waterways along the route of this freeway, the minimum standard of waterways, including the dimensions of length, width, and depth in the construction of the freeway infrastructure, was determined.

In this regard, some of the basic data required are given below:

- Geological layer (lithology);
- ETM8 satellite image;
- Digital Elevation model with 10 m resolution and 12.5 m palsar sensor;
- Soil and vegetation layers.

### **Results and discussion**

The results of the study show that the low slope of the main waterways and the length of the sub-basin reduce the flood capacity in terms of physiography, but due to the poor vegetation cover of the region and high rainfall, the occurrence of floods in this area should be considered.

Also, considering the uniformity of the basin runoff coefficient and the small difference in rainfall intensity for each sub-basin, it can be concluded that the area of the sub-basins has played a fundamental role in the volume of runoff produced. So, the larger the basin area, the greater the amount of runoff produced and vice versa. Comparing the results of the present study with other studies conducted in the Tabriz watershed confirms the relative consistency of the study results with the results of the aforementioned studies. For example, Mahmoudzadeh et al. (2016) studied flooding in Tabriz city using an empirical method and applying parameters such as land use, runoff coefficient, slope, etc. They concluded that Tabriz city is exposed to flooding due to being enclosed between the northern and southern mountains (Sahand). Several risk

areas have been determined for Tabriz city, and the south of Tabriz city has also been introduced as flood-prone basins. An important point in this study is that after estimating the amount of runoff and carrying capacity of the waterways, the height and width of the waterways' mouths have been considered in proportion to the amount of runoff produced in each sub-basin, which has doubled its use in discussing basin flooding and development and road construction issues.

### **Conclusion**

Based on their natural and geostatistical characteristics, sub-basins can have different hydrological behavior than other units and will naturally have different amounts of runoff production from other units. Planning will take an appropriate direction and be a better response to solve problems so that the success rate of measures such as combating sediment and erosion and preventing floods or reducing their destructive effects will increase, and the possibility of integrated and targeted management of basins will be provided. Extracting and using these units in the present study created a suitable working unit for examining the amount of runoff production and determining the geometric characteristics and dimensions of streams for the discharge of runoff calculated based on the maximum runoff production. In hydrogeomorphological studies, the use of watersheds as working units for analyses is recommended in order to focus and create a prioritization approach in studies. This can be a suitable approach, especially in third-world countries, due to the lack of specialized personnel and financial resources. In this context, the use of interdisciplinary studies, such as those used in this research, can pave the way for effective flood management strategies. This method provides a new perspective on watershed studies and is recommended for professionals in this field to enhance their work.

### **Funding**

There is no funding support.

### **Authors' Contribution**

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.

### **Acknowledgments**

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

## واکاوی اثر سیل خیزی در جنوب شهر تبریز بر اجرای پروژه آزاد راه قطعه شش ارومیه - تبریز

سارا کیانی<sup>۱</sup> ✉، علی احمدآبادی<sup>۲</sup>، فرزاد آذریون<sup>۳</sup>

- ۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: [kiani@khu.ac.ir](mailto:kiani@khu.ac.ir)  
۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: [ahmadabadi@khu.ac.ir](mailto:ahmadabadi@khu.ac.ir)  
۳- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: [farzadzaryon6372@gmail.com](mailto:farzadzaryon6372@gmail.com)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

برآورد پتانسیل رواناب در مدیریت منابع آبی و طراحی زیرساخت راه‌های دسترسی و سازه‌های عمرانی مانند پل‌ها و تونل‌ها به‌ویژه در جای برخورد با گذر آب‌های سطحی از ارزش بسیاری برخوردار است. آزادراه تبریز - ارومیه با هدف ساختن راه درخور بین شهر تبریز و ارومیه در ادامه ساخت کریدور خاور به باختر از تهران تا مرز بازرگان در ۶ قطعه طراحی شده است. در این پژوهش به واکاوی اثر سیل خیزی بر روی قطعه شش آزاد راه تبریز - ارومیه در جنوب شهر تبریز در چارچوب پروژه پژوهشی کاربردی پرداخته شد. از این رو، توان تولید رواناب، گنجایش آبگذری، ابعاد هندسی آبروهای مسیر قطعه شش آزادراه تبریز - ارومیه برای هر زیر حوضه ارزیابی شد. برای برآورد رواناب، روش استدلالی به‌کاررفته و پس از آن با در نظر گرفتن دبی ۱۰۰ ساله، ضریب مانینگ ۰/۱۴ و شیب طولی ۰/۰۲۵، گنجایش آبگذری آبروها محاسبه و در نهایت کمینه استاندارد آبروها از ابعاد طول و عرض کانال تعیین شد. برآورد کلی نشان از آن است که با توجه به شرایط طبیعی زیر حوضه‌ها و ضریب مانینگ و شیب طولی مناسب، از ابعاد کانال برای تخلیه رواناب تولیدی در نظر گرفته شود. بر این پایه زیر حوضه شماره ۱۰ با مساحت بیشتر و دبی ۳۸/۲۹ مترمکعب بر ثانیه نسبت به سایر زیر حوضه‌ها، با ژرفا و کانال با پهنای بیشتر برای هدایت و تخلیه سیلاب پیشنهاد شده است. همچنین نشان می‌دهد که از بین پارامترهای به کار گرفته شده در زیر حوضه‌ها، پارامتر مساحت تأثیر بیشتری در پتانسیل سیل خیزی دارد.

### نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

### تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۳/۱۵

### تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۰۶/۰۶

### تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۷/۰۹

### تاریخ چاپ:

۱۴۰۳/۰۸/۰۸

### واژگان کلیدی:

آزادراه تبریز- ارومیه،  
روش استدلالی،  
سیل خیزی

**استناد:** کیانی، سارا؛ احمدآبادی، علی و آذریون، فرزاد. (۱۴۰۳). واکاوی اثر سیل خیزی در جنوب شهر تبریز بر اجرای پروژه آزاد راه قطعه شش ارومیه - تبریز. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۶ (۳)، ۱۱۵-۱۳۱.

<http://doi.org/10.22059/jphgr.2024.371498.1007807>

## مقدمه

تشدید سیر صعودی خسارات سیل طی دو دهه گذشته سبب شده است که آرزوهای دیرینه درباره حل قطعی مسئله طغیان‌ها، جای خود را به این پژوهش بدهد که پدیده سیل علی‌رغم همه پیچیدگی‌هایش قابل بررسی و مطالعه بوده و بایستی کوشید از این پیامدها و تبعات زیان‌بار آن را کاهش داد. کاهش پیامدها و تبعات زیان‌بار ناشی از سیل و آب‌گرفتگی، معمولاً با طراحی صحیح و تأمین گنجایش کافی شبکه‌های جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی قابل تحقق است (طاعت پور، ۱۳۹۴).

آگاهی از ویژگی‌های رواناب حوضه می‌تواند نشان‌دهنده واکنش هیدرولوژیکی حوضه در برابر مشخصات بارش و رفتار ژئومورفولوژیکی آن باشد که این شرایط تابع ویژگی‌های حرکت آب در سطح زمین و آبراهه‌ها است (قهرمان و لطفی، ۱۳۸۸). آگاهی از وضعیت و روند سیل‌خیزی در حوضه‌های آبریز یکی از مهم‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی‌های مدیریت شرایط بحرانی و حفظ منابع طبیعی است. در این راستا با توجه به بحث کمبود منابع انسانی متخصص و منابع مالی موردنیاز، استفاده از روش‌های مدل‌سازی و به‌کمیت درآوردن متغیرهای مکانی در رسیدن به اهداف پیش‌بینی شده نقش بسزایی دارد. امروزه شبیه‌سازی چرخه رواناب و فرآیندهای هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبریز با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی به یک کار عادی تبدیل شده است (Ragab et al, 2010). نتیجه اینکه امروزه حوضه‌های آبریز به‌عنوان یکی از مقیاس‌های مطالعاتی در ژئومورفولوژی مورد توجه ژئومورفولوژیست‌ها است. این عامل در مدیریت یکپارچه روشی سریع و کم‌هزینه و قابل بسط برای اهداف مطالعاتی مختلف در زمینه مدیریت منابع و عملیات آبخیزداری و شناسایی توان‌های طبیعی حوضه‌های آبریز و اجرای برنامه‌های مدیریتی متناسب با آن است تا میزان موفقیت عملیات مدیریتی حوضه‌های آبریز را افزایش دهد.

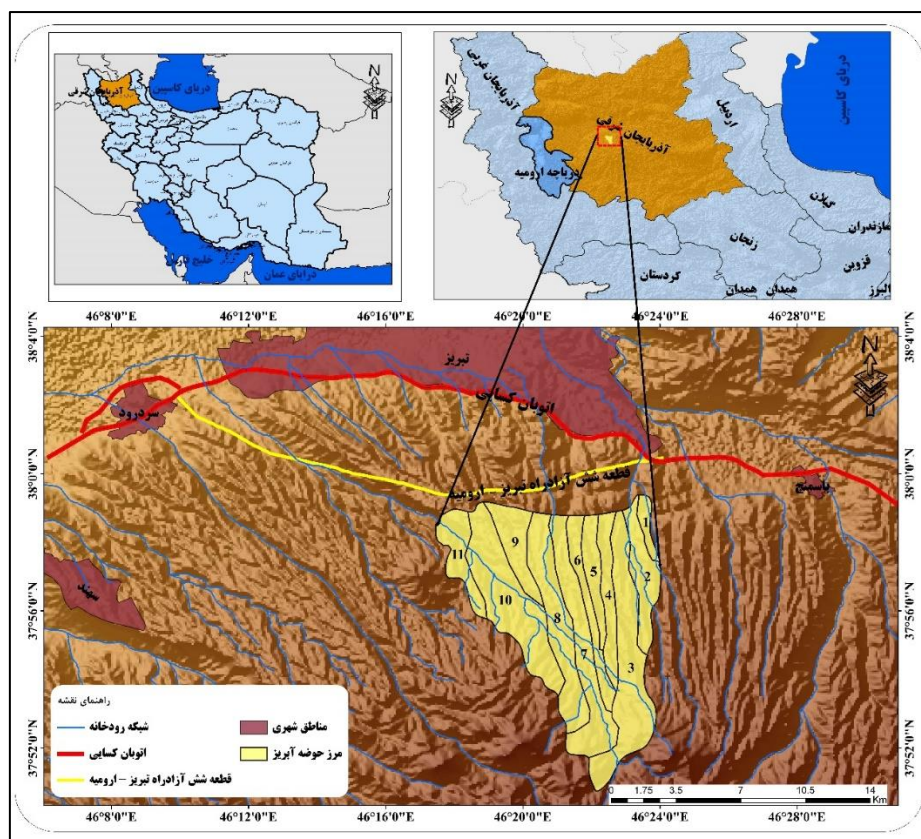
مدل‌سازی‌های هیدرولوژیکی جهت مطالعه رواناب و سیلاب تولیدی در حوضه‌های آبریز بسیار پرکاربرد بوده و توسط برخی محققان انجام شده که در ادامه چند مورد به‌صورت مختصر اشاره می‌گردد. راستگو و همکاران (۱۳۸۵) برای رسیدن به یک راهکار کاربردی جهت کنترل رواناب شهری در منطقه ۴ تهران، بدیعی‌زاده (۱۳۹۱) جهت تعیین ابعاد بهینه شبکه زهکشی از طریق شبیه‌سازی رواناب سطحی در شهر گرگان، طاعت پور (۱۳۹۴) برای برآورد رواناب و ارزیابی کارایی کانال‌های دفع آب‌های سطحی، و امیدوی ارجنکی و همکاران (۱۴۰۰) برای بررسی کفایت شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی شهر شهرکرد در دوره بازگشت‌های بارندگی ۵،۲ و ۱۰ ساله از مدل هیدرولوژیکی SWMM بهره برده‌اند. همچنین، معافی رابری (۱۳۹۱) به طراحی بهینه ابعاد سیل برگردان مبتنی بر ویژگی‌های حوضه آبخیز بالادست سیل برگردان غرب تهران پرداختند. کاظمی محسن‌آبادی (۱۳۹۵) مطالعه‌ای در خصوص روند یابی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی ماسکینگ‌هام چندخطی با الگوی گسسته‌سازی صریح در مقاطع نعل اسبی انجام داد. محمودزاده و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با استفاده از روش AHP به بررسی میزان خطرپذیری سیلاب و ارزیابی خسارت وارده به شهر تبریز پرداخته و این شهر را به چند زیر محدوده (خطر خیلی زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط و کم‌خطر) تقسیم کردند. سون<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) ارزیابی اهمیت پیوندهای شبکه بزرگراهی در مریلند تحت تأثیر خسارات ناشی از سیل را تحلیل کرده‌اند. تیلانگواتی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۱) به کمک GIS موفق به نقشه‌برداری و پهنه‌بندی مناطق در معرض خطر سیل در استان پاپاناسام در شمال هند شدند. وی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش GLUE که یک مدل چندمنظوره است و برای مطالعه سیلاب و شبیه‌سازی آن نیز استفاده می‌شود به ارزیابی عدم قطعیت آن در مدل‌سازی کیفیت آب با مدل هیدرولوژیکی SWMM

1. Sohn  
2. Thilagavathi  
3. Wei

برای یک حوضه آبریز شهری در مقیاس کوچک در شانگهای چین پرداختند و نتایج نشان داد که این عدم قطعیت اثبات‌شده و تحت تأثیر تغییر پارامترها تغییر می‌کند. یین<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶) یک روش یکپارچه را توصیف کرده‌اند که ابتدا از مدل‌سازی آب‌گرفتگی دوبعدی با وضوح بالا و اندازه‌گیری وابسته به عمق سیل برای ارزیابی تأثیر بالقوه و ریسک سیل ناگهانی ناشی از بارندگی بر شبکه جاده‌ای در مرکز شهر شانگهای، چین استفاده کرده‌اند. جعفری شاهدانی (۲۰۲۳) یک مرور سیستماتیک از ادبیات موجود که از روش‌های ترکیبی برای ارزیابی تأثیرات غیرمستقیم سیل بر حمل‌ونقل استفاده می‌کنند را ارائه داده‌اند. وانگ<sup>۲</sup> (۲۰۲۴) یک رویکرد یکپارچه برای ارزیابی کمی نحوه تأثیر سیل‌ها بر عملکرد سیستم بزرگراهی پیشنهاد کرده‌اند. این چارچوب دارای سه بخش است: (۱) یک مدل شبیه‌سازی برای نمایش ترافیک، تقاضای کاربران ناهمگون و انتخاب مسیر در یک شبکه حمل‌ونقل؛ (۲) یک شبیه‌ساز سیل با استفاده از سناریوهای رواناب آینده که از مدل‌های آب‌وهوای جهانی و مدل CaMa-Flood تولید می‌شود؛ و (۳) یک تحلیل‌گر تأثیر که سیل‌های شبیه‌سازی شده را بر سیستم شبیه‌سازی ترافیک انطباق می‌دهد و تأثیر سیل بر سیستم حمل‌ونقل را به‌صورت کمی ارزیابی می‌کند. اطلاع از ویژگی‌های رواناب در حوضه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل شکل‌زا و تأثیرگذار در حوضه و همچنین پیش‌بینی و برآورد دبی جریان سطحی از اهمیت بسزایی در ژئومورفولوژی و طراحی سازه‌های انتقال آب مانند پل‌ها و زیرگذرها و ... برخوردار است. آزادراه تبریز - ارومیه با هدف ایجاد مسیری مناسب بین شهر تبریز (مرکز استان آذربایجان شرقی) و ارومیه (مرکز استان آذربایجان غربی) در ادامه ایجاد کریدور شرق به غرب از تهران تا مرز بازرگان در ۶ قطعه طراحی شده است. این آزادراه دارای ۶ خط به عرض ۳۲ متر است. با توجه به طراحی و اجرای آزادراه تبریز - ارومیه و عبور آن از حوضه‌های آبریز کوهستانی جنوب شهر تبریز به‌عنوان یکی از شهرهای مهم و پرجمعیت کشور مطالعه وضعیت حداکثر رواناب لحظه‌ای این حوضه‌ها و تأثیر آن بر آزادراه مذکور بسیار اهمیت داشته و ضرورت انجام پروژه حاضر را دوچندان می‌کند. در این راستا استفاده از مطالعات بین‌رشته‌ای نظیر آن که در این پژوهش استفاده شده بود برای مدیریت سیلاب می‌تواند راه‌گشای اقدامات مدیریتی باشد و به‌عنوان جنبه تازگی در مطالعات حوضه‌های آبریز به متخصصان امر پیشنهاد گردد.

### محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حوضه آبریز جنوب شهر تبریز است که در شهرستان تبریز استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این حوضه‌های آبریز، رواناب‌های دامنه‌های شمالی رشته‌کوه سهند را به‌طرف شهر تبریز زهکشی می‌کنند. در این پژوهش محدوده‌ای با مساحت تقریبی ۱۰۰ کیلومتر مربع برای مطالعه در نظر گرفته شده که رواناب‌های سطحی را به سمت قطعه شش آزادراه تبریز - ارومیه زهکشی می‌کند در واقع، در این پژوهش، زیر حوضه‌های آبریز تحت تأثیر قطعه شش آزادراه در حال تأسیس ارومیه - تبریز مورد بحث است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت قطعه شش آزادراه تبریز - ارومیه (در منطقه جنوب شهر تبریز) در حوضه آبریز کشور و تبریز

## روش پژوهش

این پژوهش با توجه به تحلیل اثر سیل‌خیزی بر قطعه شش آزادراه تبریز-ارومیه، از نوع کاربردی است. در این پژوهش، تأثیر روندهای سیلابی بر طراحی سازه‌های عمرانی به‌خصوص ظرفیت آبگذری برای دبی‌های سیلابی در قطعه شش آزادراه ارومیه - تبریز که به‌صورت سراسری جنوب شهر تبریز را در برمی‌گیرد، از روش استدلالی استفاده شده است.

در این راستا برخی از داده‌های اولیه موردنیاز در ادامه آمده است:

- لایه زمین‌شناسی (لیتولوژی) (نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)
- لایه رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک ۱۰ متر و ۱۲/۵

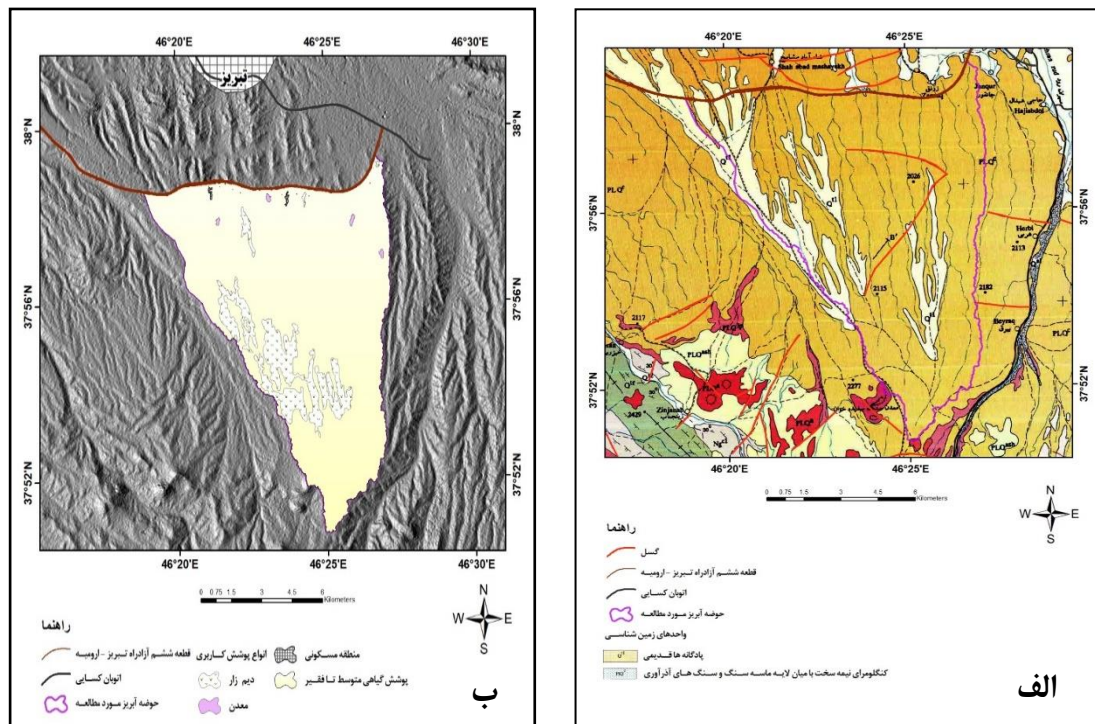
- تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI

- لایه جنس خاک و پوشش گیاهی

ابتدا در محیط نرم‌افزار Arc map با استفاده از لایه رقومی ارتفاعی منطقه اقدام به استخراج مرز حوضه آبخیز و آبراهه‌ها و ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ها و همچنین از روی تصویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار ENVI اقدام به تولید لایه پوشش گیاهی منطقه شده است و سپس به‌منظور تمرکز بیشتر و بهتر بر روی منطقه موردنظر، اقدام به تقسیم‌بندی حوضه به زیر حوضه‌ها می‌شود و در ادامه با استفاده از لایه‌های فوق برای هر زیر حوضه ویژگی‌های مربوط به پارامترهای فیزیکی از جمله شیب متوسط آبراهه اصلی، زمان تمرکز حوضه، لایه پوشش کاربری اراضی و جنس واحدهای غالب زمین‌شناسی از نظر سختی یا سستی در برابر فرآیندهای کاشی جریان، استخراج و میزان دبی هر یک از زیر حوضه‌ها با استفاده از روش‌های استدلالی تخمین زده شده و در پایگاه داده‌های مربوطه ذخیره‌سازی می‌گردد و در بخش بعدی مطالعات معابر

رواناب‌های سطحی شناسایی و با توجه به دبی و سایر پارامترها، تأثیرات احتمالی روندهای سیلابی بر ویژگی‌های هندسی و آبگذری آن‌ها مورد تحلیل قرار خواهد گرفت.

زمین‌شناسی منطقه (نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) با حاکمیت واحدهای کواترنری مشخص می‌گردد. سنگ‌های کنگلومرا (PLQ<sup>C</sup>) که گاهی با میان لایه‌ای از ماسه‌سنگ و سنگ‌های آذر آوری رخنمون یافته‌اند در کنار واحدهای خاکی پادگانه‌ای (Q<sup>H</sup>) چهارچوب سنگ‌شناسی حوضه را تشکیل می‌دهند. ساختار کلی منطقه مطالعاتی شامل سنگ‌های کنگلومرا مربوط به دوره پلیوسن - کواترنر در حوضه است که به صورت محدوده‌ای وسیع غالب وسعت حوضه را پوشانیده‌اند همچنین توده‌های پادگانه‌ای نیز در کرانه آبراه‌های حوضه رخنمون دارد (شکل ۲ الف). به‌منظور تهیه پوشش کاربری زمین اقدام به اخذ داده از اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان تبریز و ادغام آن با برداشت‌های میدانی و تهیه نقشه پوشش کاربری حوضه گردید (شکل ۲ ب). بیشترین کاربری مربوط به پوشش گیاهی متوسط تا فقیر در قالب مرتع است. در بخش‌هایی از دامنه‌های پشت به آفتاب که شرایط برای ایجاد کشت و زرع مناسب بوده است اراضی دیم‌زار ایجاد شده است که غالباً همراه با شخم زدن اراضی شیب‌دار است که می‌تواند باعث افزایش فرسایش گردد.



شکل ۲. الف: نقشه سنگ‌شناسی حوضه جنوب شهر تبریز ب: انواع پوشش کاربری حوضه (جنوب شهر تبریز)

### گام اول: محاسبه حداکثر دبی رواناب با روش استدلالی (Rational)

با توجه به کمبود داده‌های هیدرولوژی و اقلیمی در اغلب حوضه‌های آبریز کشور و قدیمی بودن اطلاعات آماری، استفاده از روش‌های تجربی - فیزیکی به‌منظور مطالعه حوضه‌های آبریز حتی در حوضه‌های مشابه بدون آمار با استقبال زیادی روبه‌رو شده است. در روش استدلالی حداکثر شدت بارانی که مدت آن برابر زمان تمرکز حوضه است در فرمول لحاظ می‌شود. در غیر این صورت دبی کمتر از مقدار فوق خواهد بود. زیرا اگر مدت بارندگی بیشتر از زمان تمرکز باشد بر اساس رابطه شدت - مدت چنین بارانی از شدت کمتری برخوردار است و لذا دبی به این دلیل کاهش می‌یابد و برعکس اگر مدت



بارندگی از زمان تمرکز کمتر باشد قبل از آن که تمام سطح حوضه در رواناب مشارکت نمایند باران خاتمه پیدا کرده و بنابراین دبی کمتر می‌شود.

طراحی سازه‌های آبی به روش استدلالی (Rational) از جمله روش‌های مناسب برای برآورد حداکثر دبی رواناب است که از معادله زیر (رابطه ۱) محاسبه می‌شود.

$$Q = 0.278 C i A \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه:  $Q$  = حداکثر دبی رواناب برحسب مترمکعب در ثانیه و  $i$  = شدت بارندگی برحسب میلی‌متر در ساعت و  $A$  = مساحت حوضه برحسب کیلومتر مربع است. پارامتر  $C$  = ضریب رواناب

ضریب رواناب ( $C$ ) با توجه به نوع حوضه، کاربری آن و شیب زمین تعیین شده است (جدول ۱). شدت بارش ( $i$ ) نیز از طریق منحنی‌های شدت، مدت، فراوانی ایستگاه تبریز به دست آمده است و مساحت حوضه‌های آبریز ( $A$ ) نیز با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS محاسبه شد.

جدول ۱. ضریب  $C$  در روش منطقی یا استدلالی دبی اوج سیلاب

نوع حوضه آبریز	ضریب رواناب (C)	نوع حوضه آبریز	ضریب رواناب (C)
مناطق مسکونی	۰/۳-۰/۵	خاک‌های شنی با شیب کم	۰/۰۵
مناطق صنعتی	۰/۵-۰/۷۰	خاک‌های شنی با شیب متوسط	۰/۱-۰/۱۵
مناطق تجاری	۰/۵-۰/۸	خاک‌های شنی با شیب خیلی زیاد	۰/۱۵-۰/۲۰
خیابان‌ها	۰/۶-۰/۹	خاک‌های رسی با شیب کم	۰/۱۳-۰/۱۷
	۰/۷-۰/۹۵	خاک‌های رسی با شیب متوسط	۰/۱۵-۰/۲۲
	۰/۵-۰/۷	خاک‌های رسی با شیب خیلی زیاد	۰/۲۰-۰/۳۰
	۰/۷-۰/۹۵		
	۰/۲۵-۰/۳۵		

به منظور بررسی میزان بارش و ترسیم نمودار شدت - مدت - بارش، نزدیک‌ترین ایستگاه به محدوده مطالعاتی، ایستگاه باران‌سنجی وزارت نیرو با نام سینوپتیک تبریز است که از داده‌های ماهانه حد فاصل سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۹ آن استفاده شده است. در این مطالعه، از روابط شدت - مدت - فراوانی بارندگی ارائه شده توسط قهرمان و سپاسخواه (۱۳۶۹) به عنوان یکی از ابزارهای هیدرولوژیکی جهت محاسبه سیلاب طرح استفاده شده است.

#### - گام دوم: محاسبه ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه آبریز

خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و هیدرولوژی تعیین می‌شوند. در این مطالعه از مدل رقمی ارتفاع با تفکیک ۱۲/۵ متر (برگرفته از سایت [search.asf.alaska.edu](http://search.asf.alaska.edu)) استفاده شده است. مقادیر محیط، مساحت، مرتفع‌ترین و کم ارتفاع‌ترین نقطه هر حوضه به علاوه طول و متوسط شیب حوضه با استفاده از این مدل رقمی ارتفاعی به دست آمده است. ضریب فشردگی (Compactness coefficient) یا گراولوس (Gravelius)، ضریب شکل (Form factor)، نسبت دایره‌ای (M) و نسبت طولی (علیزاده، ۱۳۸۱) در حوضه نیز محاسبه شده است.

#### - گام سوم: محاسبه زمان تمرکز

برخی معتقدند که معادله Kirpich (۱۹۴۰) پرکاربردترین معادله برای حوضه‌های کوچک است. که بر اساس داده‌های حاصله از ۶ حوضه کوچک و معادله زیر برای تخمین زمان تمرکز استفاده شده است (علیزاده، ۱۳۹۱).

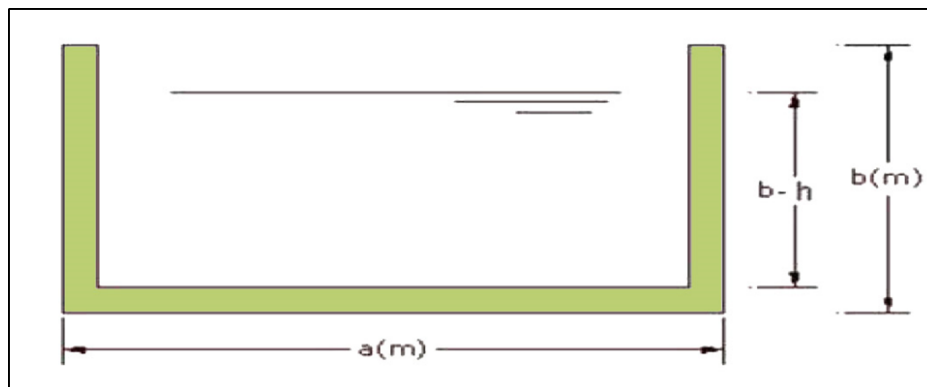
$$t_c = 0.949 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این معادله  $L$  طولانی‌ترین مسیر حرکت آب در داخل حوضه بر حسب کیلومتر یا طول مسیر آبراهه اصلی و  $H$  اختلاف ارتفاع بین نقطه تمرکز و بلندترین قسمت حوضه بر حسب متر یعنی اختلاف ارتفاع بلندترین و پایین‌ترین نقطه حوضه است. این روش با توجه به وسعت متوسط حوضه در این مطالعه استفاده شده است.

#### گام چهارم: تخمین ابعاد هیدرولیکی آبروها

تخمین مقدار دبی سیلابی به‌عنوان روشی برای جلوگیری از خسارات ناشی از وقوع آن‌ها، پایه و اساس طراحی انواع ابنیه هیدرولیکی، سرریز سدها، طرح‌های آب‌خیزداری و کنترل و مهار سیلاب است. بعد از محاسبه میزان دبی حداکثر، در مرحله بعد اقدام به تخمین ابعاد هیدرولیکی معابر ۱۱ گانه استخراجی گردید تا میزان آب‌گذری معابر محاسبه شود و حداقل ابعاد استاندارد برای طراحی آن‌ها بر اساس میزان دبی به‌دست‌آمده تعیین گردد. بدین منظور با استفاده از نرم‌افزار Flowmaster (Version 7 (BENTLEY®FLOWMASTER CONNECT EDITION))، ابعاد آبروهای منتهی به آزادراه ارومیه - تبریز تخمین زده شد.

به‌منظور تعیین ظرفیت آب‌گذری برای هر آبرو یک مقطع فرضی اولیه  $a \times b$  (شکل ۳) در نظر گرفته می‌شود که در آن  $h$ : ارتفاع هوا خور،  $a$  و  $b$  به ترتیب طول و ارتفاع است.



شکل ۳. شکل شماتیک از دهانه آبروها

در ادامه با استفاده از فرمول سرعت جریان (رابطه ۳)، ظرفیت دبی عبوری از مقطع موردنظر به دست می‌آید و با دبی به‌دست‌آمده مقایسه می‌شود.

$$V = \frac{(R)^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$R = \frac{A}{wp} \quad \text{رابطه ۴}$$

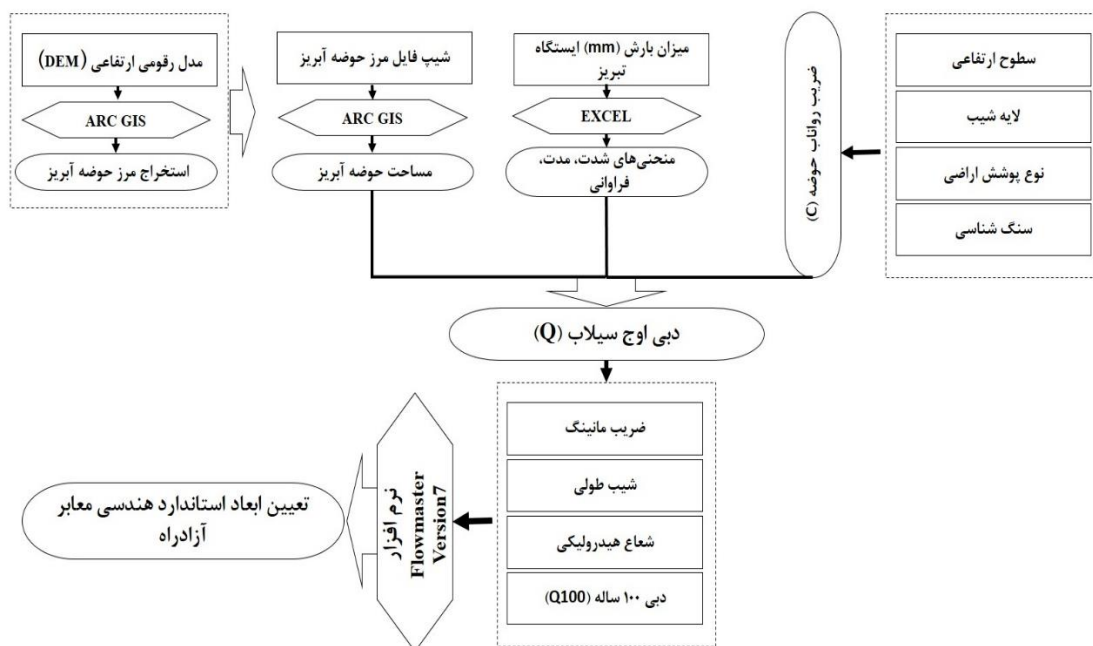
$$wp = a + (b - h) \times 2 \quad \text{رابطه ۵}$$

$$Q_0 = NAV \quad \text{رابطه ۶}$$

که در آن  $V$ : سرعت میانگین (متر بر ثانیه) و  $n$ : ضریب زبری مانینگ و  $S$ : شیب کانال متر بر متر،  $R$ : شعاع هیدرولیکی (متر)،  $A$ : مساحت سطح مقطع جریان (مترمربع) و  $wp$ : محیط‌تر شده (متر) است. بعد از محاسبه سرعت جریان در ادامه بر اساس نسبت بین این پارامتر با مساحت سطح مقطع ( $A$ ) و تعداد دهنه در نظر گرفته‌شده برای معبر ( $N$ ) از طریق رابطه

(۶) میزان ظرفیت آبرو ( $Q_0$ ) برحسب مترمکعب در ثانیه به دست خواهد آمد که بایستی نسبت  $Q < Q_0$  برقرار باشد. یعنی دبی به دست آمده ( $Q$ ) کمتر از ظرفیت آبرو معبر باشد.

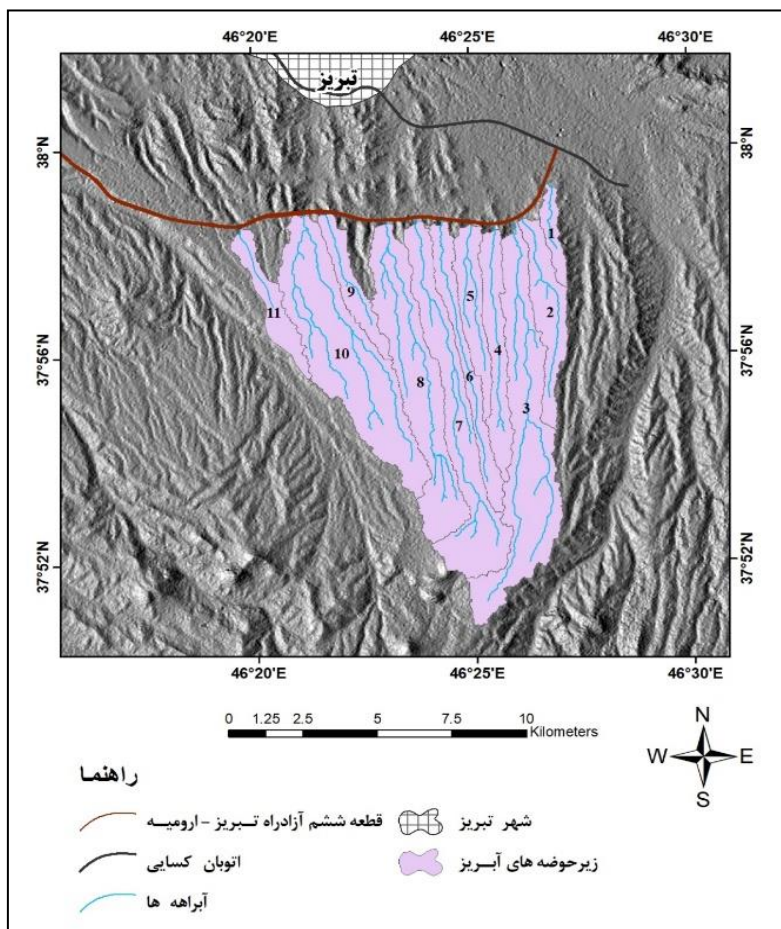
لازم به ذکر است که طراحی کانال باید به نحوی انجام شود که بتواند دبی صدساله را از خود عبور دهد. بنابراین باید توجه شود که دبی استاندارد کانال بایستی کمتر از دبی صدساله باشد. شیب کف کانال نیز باید در حدی باشد که سرعت آب در کانال باعث فرسایش و یا برعکس آن، رسوب‌گذاری نشود. مقادیر شیب طولی عموماً بین ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۰۱ تغییر می‌کند که در این مطالعه ۰/۰۲۵ در نظر گرفته شد.



شکل ۴. روند نمای روش پژوهش

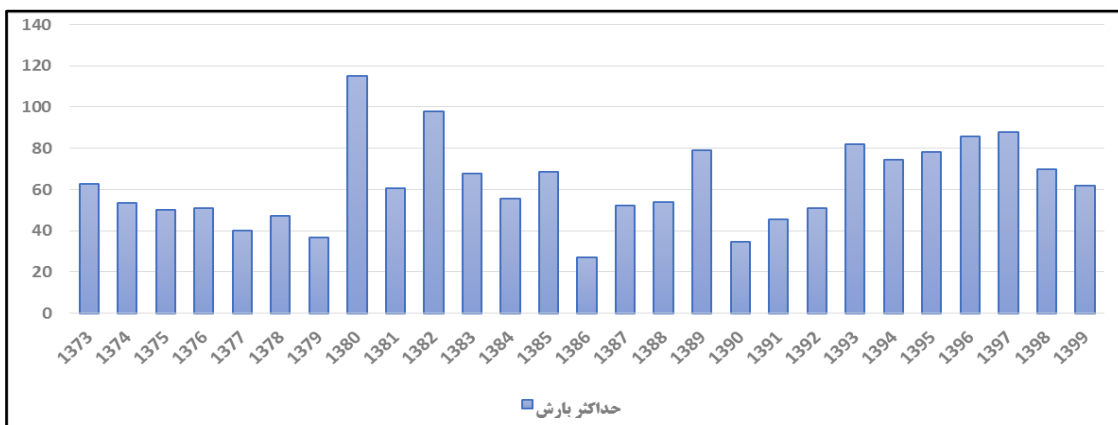
## یافته‌ها

در این پژوهش به منظور محاسبه رواناب در سطح حوضه و تعیین ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ها و با توجه به تمرکز مطالعات روی ضریب آبگذری، سازه‌ها و تأسیسات راه‌سازی پیش‌بینی شده (پل‌ها، زیرگذرها) برای احداث قطعه شش آزادراه (طرح مطالعاتی احداث قطعه شش آزادراه تبریز - ارومیه وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۹)، حوضه‌های آبریز منتهی به آزادراه، بر اساس مدل رقومی ارتفاعی و بهره‌گیری از نرم‌افزار ARC GIS استخراج شد که تعداد ۱۱ زیر حوضه را در برمی‌گیرد (شکل ۵).



شکل ۵. نقشه زیر حوضه‌های آبریز (جنوب شهر تبریز)

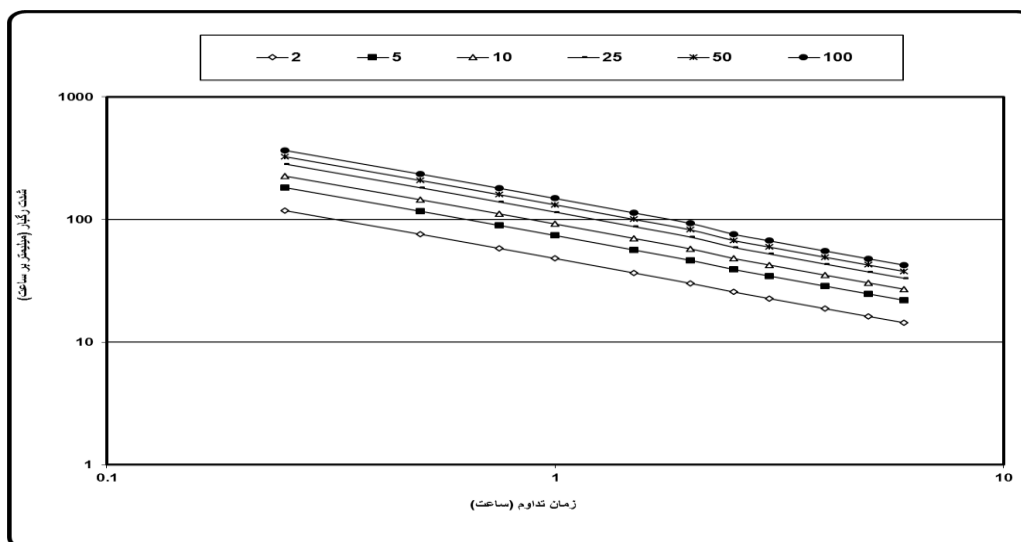
- بررسی میزان بارش و نمودار شدت - مدت - بارش در محدوده مطالعاتی  
 بررسی میزان بارش در ایستگاه تبریز نشان می‌دهد که حداکثر بارش ماهانه با میزان ۱۱۵ میلی‌متر بر سال در فروردین‌ماه ۱۳۸۰ اتفاق افتاده است. از طرفی، متوسط بارش سالانه در دوره شاخص آماری برابر با ۲۴۹/۶ میلی‌متر است (شکل ۶).  
 شدت بارندگی ایستگاه تبریز با دوره بازگشت‌های مختلف (میلی‌متر بر ساعت) در جدول ۲ ارائه شده است. در نهایت، با استفاده از داده‌های موجود، نمودار شدت - مدت - بارش ترسیم شده است (شکل ۷).



شکل ۶. مقادیر حداکثر بارش ایستگاه سینوپتیک تبریز در سال‌های آبی بلندمدت

جدول ۲. شدت بارندگی ایستگاه تبریز با دوره بازگشت‌های مختلف (میلی‌متر بر ساعت)

دوره بازگشت (سال)	دوام‌های مختلف (ساعت)										
	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	۱/۵	۲	۳	۴	۵	۶	
۲	۱۱۸/۴	۷۶/۰	۵۸/۲	۴۸/۱	۳۶/۶	۳۰/۱	۲۵/۶	۲۲/۶	۱۸/۷	۱۶/۱	۱۴/۳
۵	۱۸۲/۵	۱۱۷/۱	۸۹/۷	۷۴/۱	۵۶/۴	۴۶/۴	۳۹/۲	۳۴/۶	۲۸/۶	۲۴/۷	۲۱/۹
۱۰	۲۲۶/۷	۱۴۵/۵	۱۱۱/۵	۹۲/۱	۷۰/۱	۵۷/۷	۴۸/۱	۴۲/۵	۳۵/۱	۳۰/۳	۲۶/۹
۲۵	۲۸۳/۱	۱۸۱/۶	۱۳۹/۲	۱۱۵/۰	۸۷/۵	۷۲/۰	۵۹/۴	۵۲/۵	۴۳/۴	۳۷/۴	۳۳/۳
۵۰	۳۲۵/۰	۲۰۸/۶	۱۵۹/۸	۱۳۲/۰	۱۰۰/۵	۸۲/۷	۶۷/۷	۵۹/۹	۴۹/۴	۴۲/۷	۳۷/۹
۱۰۰	۳۶۶/۷	۲۳۵/۳	۱۸۰/۳	۱۴۸/۹	۱۱۳/۴	۹۳/۳	۷۶/۰	۶۷/۲	۵۵/۵	۴۷/۹	۴۲/۶



شکل ۷. نمودار شدت - مدت - بارش ایستگاه تبریز

## - ویژگی‌های فیزیکی و هندسی حوضه‌های آبریز

جدول ۳ خصوصیات فیزیکی حوضه‌های آبریز منتهی به آزادراه ارومیه و تبریز را ارائه می‌نماید. بر اساس جدول ویژگی‌های فیزیکی، حوضه شماره ۱۰ با مساحت ۱۸/۵۰ کیلومتر مربع بیشترین مساحت را دارا است. به لحاظ طول آبراهه اصلی، آبراهه زیر حوضه شماره ۳ با طول ۱۴/۴۵ کیلومتر، آبراهه طولی در محدوده مورد مطالعه است. همچنین با توجه به اختلاف ارتفاع ۶۰۶ متر بین نقطه بالادست و پایین‌دست حوضه شماره ۳، نسبت به سایر حوضه‌های آبریز، ناهموارتر است. از نظر ویژگی شیب، زیر حوضه ۱، ۲، ۳ و ۵ با شیبی معادل ۰/۴۱ درصد از شیب زیادی برخوردار هستند.

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکی زیر حوضه‌های آبریز

نام حوضه	P (km)	A (km <sup>2</sup> )	L (km)	L <sub>b</sub> (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	ΔH (m)	S (%)
حوضه	محیط حوضه	مساحت حوضه	طول آبراهه اصلی	طول حوضه	مرتفع‌ترین نقطه حوضه	کم ارتفاع‌ترین نقطه حوضه	اختلاف ارتفاع حوضه	شیب متوسط حوضه
۱	۷/۹۹	۱/۷۰	۳/۸۴	۳/۶۲	۲۳۳۴	۱۸۰۱	۵۳۳	۰/۴۱
۲	۱۸/۳۷	۵/۶۰	۷/۶۵	۸	۲۱۶۵	۱۸۳۳	۳۳۲	۰/۴۱
۳	۳۲/۸۵	۱۷/۸۰	۱۴/۴۵	۱۵/۱۲	۲۴۳۹	۱۸۳۳	۶۰۶	۰/۴۱
۴	۲۰/۳۳	۵/۷۰	۹/۰۹	۹/۷۰	۲۲۲۱	۱۸۴۵	۳۷۶	۰/۱۶
۵	۱۵/۴۷	۴/۵۰	۷/۰۴	۷/۳۲	۲۱۴۴	۱۸۳۸	۳۰۶	۰/۴۱
۶	۲۲/۵۶	۵/۴۰	۱۰/۵۹	۱۰/۷۰	۲۲۵۹	۱۸۳۰	۴۲۹	۰/۱۸
۷	۲۹/۵۷	۱۳/۴۰	۱۲/۹۲	۱۳/۴۹	۲۵۱۶	۱۷۹۹	۷۱۷	۰/۲۰

۰/۱۵	۵۴۵	۱۷۹۵	۲۳۴۰	۱۱/۵۷	۱۱/۵۳	۱۴/۱۰	۲۵/۷۸	۸
۰/۱۵	۲۸۵	۱۷۷۸	۲۰۶۳	۵/۷۴	۵/۶۱	۳/۴۰	۱۳/۹۲	۹
۰/۱۱	۴۶۶	۱۷۶۱	۲۲۲۷	۱۰/۵۴	۱۰/۹۴	۱۸/۵۰	۲۳/۹۳	۱۰
۰/۱۰	۱۸۲	۱۸۳۷	۲۰۱۹	۶/۰۴	۵/۷۷	۳/۵۰	۱۴/۲۶	۱۱

سایر ویژگی‌های هندسی حوضه آبریز شامل ضریب فشردگی، ضریب شکل، نسبت دایره‌ای و نسبت طولی محاسبه و در جدول ۴ ارائه شده است.

ضریب فشردگی (Cc) که به نام ضریب گراویلوس نیز نامیده می‌شود، چنانچه حوضه دایره‌ای کامل باشد ضریب برابر با ۱ و در غیر این صورت مقدار این ضریب بزرگ‌تر از یک خواهد بود. با توجه به اینکه مقدار این ضریب برای ۱۱ زیر حوضه مورد مطالعه، نشان‌دهنده انحراف شکل حوضه از دایره است و شکل حوضه کشیده را نمایان می‌کند. ضریب شکل حوضه (Rf) یکی دیگر از پارامترهای هندسی حوضه است که هر چه قدر ضریب شکل حوضه کوچک‌تر باشد، حوضه کشیده و دبی پیک سیلاب کمتر است. هر چه این ضریب بزرگ‌تر باشد، حوضه دایره‌ای بوده و دبی پیک سیلاب بالاتر است. با توجه به مقادیر کم این ضریب، زیر حوضه‌های مورد مطالعه به لحاظ شکل، کشیده هستند. نسبت دایره‌ای (Rc) نیز به‌عنوان اندازه‌گیری کمی برای تجسم شکل حوضه استفاده می‌شود و تحت تأثیر ویژگی‌های سنگ‌شناسی حوضه قرار دارد. میزان نسبت دایره‌ای زیر حوضه‌های مورد مطالعه، نشان‌دهنده کشیده بودن حوضه به لحاظ شکل است. نسبت طولی (Re) شاخص مهمی در تجزیه و تحلیل شکل حوضه است که به ارائه ایده در مورد ویژگی هیدرولوژیکی حوضه زهکشی کمک می‌کند. با توجه به مقادیر کمتر از ۰/۵۰ در حوضه‌های مورد مطالعه، نشان‌دهنده حوضه کشیده است.

جدول ۴. ویژگی‌های هندسی زیر حوضه‌های آبریز

نام حوضه	Cc	Rf	Rc	Re
	ضریب فشردگی	ضریب شکل	نسبت دایره‌ای	نسبت طولی
۱	۷۳/۱	۱۲/۰	۳۳/۰	۴۱/۰
۲	۱۹/۲	۰۹/۰	۲۱/۰	۳۳/۰
۳	۲۰/۲	۰۸/۰	۲۱/۰	۳۱/۰
۴	۴۰/۲	۰۶/۰	۱۷/۰	۲۸/۰
۵	۰۶/۲	۰۸/۰	۲۴/۰	۳۳/۰
۶	۷۴/۲	۰۵/۰	۱۳/۰	۲۵/۰
۷	۲۸/۲	۰۷/۰	۱۹/۰	۳۱/۰
۸	۹۴/۱	۱۱/۰	۲۷/۰	۳۷/۰
۹	۱۳/۲	۱۰/۰	۲۲/۰	۳۶/۰
۱۰	۵۷/۱	۱۷/۰	۴۱/۰	۴۶/۰
۱۱	۱۵/۲	۱۰/۰	۲۲/۰	۳۵/۰

#### محاسبه زمان تمرکز

زمان تمرکز زیر حوضه‌های آبریز محدوده مطالعاتی در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به وسعت حوضه، از روش کریچیج برای محاسبه زمان تمرکز استفاده شده است.

جدول ۵. زمان تمرکز زیر حوضه‌های آبریز برحسب ساعت

شماره حوضه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
زمان تمرکز	۰/۴	۱/۰۷	۱/۷۶	۱/۲۴	۱	۱/۴	۱/۴۵	۱/۴۱	۰/۷۹	۱/۴۱	۰/۹۷

## محاسبه دبی سیلابی با دوره بازگشت سیلاب

برای محاسبه سیل با دوره‌های بازگشت در زیر حوضه‌های محدوده مطالعاتی، از روش منطقی یا استدلالی (Rational) به‌عنوان رایج‌ترین روش محاسبه دبی اوج رواناب سطحی توی حوضه‌های کوچک استفاده شده است (جدول ۶). نتایج محاسبه سیل با دوره بازگشت مختلف حاکی از آن است که در زیر حوضه ۱۰، به دلیل وسعت زیاد، بیشترین میزان سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف، نسبت به سایر زیر حوضه را در برمی‌گیرد. زیر حوضه شماره ۱، میزان سیلاب کمتری را در دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۶. محاسبه سیل با دوره‌های بازگشت مختلف به روش استدلالی (Rational)

دوره بازگشت شماره حوضه	دبی (مترمکعب بر ثانیه)					
	۲ ساله	۵ ساله	۱۰ ساله	۲۵ ساله	۵۰ ساله	۱۰۰ ساله
۱	۸۷/۰	۳۳/۱	۶۶/۱	۰۷/۲	۳۷/۲	۶۸/۲
۲	۳۵/۲	۶۱/۳	۴۹/۴	۶۱/۵	۴۴/۶	۲۶/۷
۳	۰۶/۹	۹۶/۱۳	۳۵/۱۷	۶۶/۲۱	۸۷/۲۴	۰۵/۲۸
۴	۸۱/۳	۸۷/۵	۳۰/۷	۱۱/۹	۴۶/۱۰	۸۰/۱۱
۵	۲۹/۲	۵۳/۳	۳۹/۴	۴۸/۵	۲۹/۶	۰۹/۷
۶	۷۵/۲	۲۴/۴	۲۶/۵	۵۷/۶	۵۴/۷	۵۱/۸
۷	۸۲/۶	۵۱/۱۰	۰۶/۱۳	۳۰/۱۶	۷۲/۱۸	۱۲/۲۱
۸	۴۳/۹	۵۳/۱۴	۰۵/۱۸	۵۳/۲۲	۸۷/۲۵	۱۹/۲۹
۹	۷۳/۱	۶۷/۲	۳۱/۳	۱۴/۴	۷۵/۴	۳۶/۵
۱۰	۳۷/۱۲	۰۶/۱۹	۶۸/۲۳	۵۶/۲۹	۹۴/۳۳	۲۹/۳۸
۱۱	۷۶/۵	۸۸/۸	۰۳/۱۱	۷۷/۱۳	۸۱/۱۵	۸۴/۱۷
مجموع	۲۴/۵۷	۱۹/۸۸	۵۶/۱۰۹	۷۹/۱۳۶	۰۶/۱۵۷	۱۹/۱۷۷

## ابعاد هیدرولیکی آبروها

ابعاد پیشنهادی برای ۱۱ آبروی منتهی به آزادراه تبریز - ارومیه بر اساس سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، در جدول (۷) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که ضریب زبری مانینگ بر اساس نوع کانال و جنس آن برابر ۰/۱۴ برای کانال‌های بتونی تعیین شد. مقادیر شیب طولی نیز در این مطالعه ۰/۰۲۵ در نظر گرفته شد. طبق برآورد ابعاد پیشنهادی معابر، زیر حوضه شماره ۱۰، با دبی ۳۸/۲۹ مترمکعب بر ثانیه که بیشترین مقدار دبی ۱۰۰ ساله را نسبت به سایر زیر حوضه‌ها را نشان می‌دهد، بنابراین عمق بیشتر و کانال عریض‌تر برای این زیر حوضه، جهت هدایت و تخلیه سیلاب پیشنهاد شده است.

جدول ۷. ابعاد پیشنهادی برای اجرای معابر با مقطع مستطیلی

عبارت فردود	سرعت (متر بر دقیقه)	شیب بحرانی (متر به متر)	عمق بحرانی (متر)	شیب عمق بحرانی (متر)	شیب شعاع هیدرولیکی (متر)	محیط‌تر شده (متر)	دبی عبوری کانال (مترمکعب بر ثانیه)	عرض کانال (متر)	عمق زغال کانال (متر)	ضریب مانینگ	شیب طولی (متر به متر)	دبی (مترمکعب بر ثانیه) - ۱۰۰ ساله	شماره حوضه
۱/۴۱	۲۶۵/۲۵	۰/۰۱۵	۱/۳	۰/۲	۲/۷	۲/۸۸	۰/۶۵	۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۲/۶۸	۱	
۱/۹۰۷	۳۵۸/۳۸	۰/۰۰۹	۱/۵	۰/۴	۳/۳	۷/۴۷	۱/۲۵	۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۷/۲۶	۲	
۲/۰۴۷	۴۹۴/۱	۰/۰۰۸	۲/۷	۰/۶	۵/۳	۲۷/۱۸	۲	۱/۷	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۲۸/۰۵	۳	
۱/۹۶۶	۴۰۴/۷	۰/۰۰۸	۱/۹	۰/۵	۳/۹	۱۲/۱۴	۱/۵	۱/۲	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۱۱/۸۰	۴	
۱/۹۰۷	۳۵۸/۳۸	۰/۰۰۹	۱/۵	۰/۴	۳/۳	۷/۴۷	۱/۲۵	۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۷/۰۹	۵	
۱/۷۸۷	۳۶۷/۷۸	۰/۰۰۱	۱/۸	۰/۴	۳/۶	۸/۸۳	۱/۲	۱/۲	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۸/۵۱	۶	
۱/۹۰۵	۴۶۳/۴۸	۰/۰۰۹	۲/۵	۰/۶	۵	۲۱/۶۳	۱/۷۵	۱/۶	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۲۱/۱۲	۷	
۲/۰۰۲	۵۰۴/۷۴	۰/۰۰۸	۲/۹	۰/۶	۵/۶	۳۰/۲۸	۲	۱/۸	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۲۹/۱۹	۸	
۱/۷۳۴	۳۲۵/۷۷	۰/۰۰۱	۱/۴	۰/۳	۳	۵/۴۳	۱	۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۵/۳۶	۹	
۲/۰۲۹	۵۳۹/۴۱	۰/۰۰۸	۳/۲	۰/۷	۶/۲	۳۹/۵۴	۲/۲	۲	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۳۸/۲۹	۱۰	
۱/۹۵۹	۴۵۰/۷۷	۰/۰۰۸	۲/۳	۰/۵	۴/۷	۱۹/۱۶	۱/۷	۱/۵	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۱۷/۸۴	۱۱	

## بحث

مقایسه نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های دیگری که در حوضه آبریز تبریز انجام گرفته است مؤید تطابق نسبی نتایج پژوهش با نتایج پژوهش‌های یاد شده است. برای مثال محمودزاده و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه سیلاب شهر تبریز با استفاده از روش تجربی و کاربرد پارامترهایی مانند کاربری زمین، ضریب رواناب، شیب و غیره به این نتیجه رسیدند که شهر تبریز به دلیل محصور بودن بین کوهستان‌های شمال و جنوب (سهند) در معرض جریان‌های سیلابی است و چند محدوده خطر برای شهر تبریز تعیین کرده‌اند که جنوب شهر تبریز نیز به‌عنوان حوضه‌های سیل‌خیز معرفی شده‌اند. نتایج محاسبات دبی سیلابی و ابعاد هیدرولیکی کانال‌ها، به تصمیم‌گیری‌های دقیق در طراحی زیرساخت‌های مقاوم در برابر سیلاب در آزادراه ارومیه-تبریز کمک می‌کند. بنابراین، در اقدامات مدیریتی حوضه، با اتخاذ برنامه‌ریزی‌های مناسب‌تر، توانایی بیشتری در حل مسائل ایجاد می‌شود که نتیجه آن، افزایش موفقیت در مبارزه با رسوب‌زایی، فرسایش و جلوگیری از وقوع سیل‌ها و کاهش اثرات مخرب آن‌ها خواهد بود و امکان مدیریت یکپارچه و هدفمند حوضه‌ها میسر گردد.

## نتیجه‌گیری

رویدادهای سیل یکی از بزرگ‌ترین عوامل ایجاد خسارت فیزیکی، آسیب و تأخیر در طول مرحله ساخت یک پروژه هستند که می‌تواند منجر به از دست رفتن درآمد و تحمیل هزینه‌های هنگفت مالی شود. این موضوع، اهمیت توجه به پتانسیل تولید رواناب و سیل‌خیزی حوضه و کاربرد آن در مسائل عمرانی و راه‌سازی را دوچندان کرده است. در مناطقی که ریسک سیل وجود دارد، بسیار حیاتی است که این مخاطرات به‌وضوح شناسایی شوند و اقدامات کاهش مخاطرات به‌عنوان بخشی از توسعه و تحویل پروژه اجرا شوند. بنابراین با توجه به طرح احداث قطعه شش آزادراه تبریز - ارومیه از جنوب شهر تبریز این پژوهش به‌منظور مدیریت آب‌های سطحی در جهت کاهش خسارت‌های ناشی از سیلاب بر این جاده موصلاتی انجام گرفت. بدین منظور در ابتدا، دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف با بهره‌گیری از روش استدلالی (Rational) برای



زیر حوضه‌های منتهی به آزادراه تبریز- ارومیه، محاسبه شد و بر اساس حداکثر دبی ۱۰۰ ساله و ویژگی‌های هندسی، ابعاد آبروها برای تخلیه رواناب‌های محاسبه‌شده تعیین گردد. نتایج حاصل از محاسبه سیلاب نشان داده است که تمام زیر حوضه‌های منتهی به آزادراه قابلیت تولید سیلاب را دارا هستند اما زیر حوضه شماره ۱۰، با توجه به ویژگی فیزیوگرافی و هندسی بخصوص اختلاف ارتفاع بیشتر و ناهموار بودن، مساحت زیاد، پتانسیل بیشتری جهت تولید سیلاب را دارا است. همچنین، با بررسی ضریب‌های فشردگی، شکل، و نسبت دایره‌ای، مشخص شد که حوضه‌های مورد مطالعه اغلب کشیده هستند و سیلاب با پیک کمتری در آن‌ها جریان دارد. نتایج مربوط به دبی سیلابی نشان داد که در دوره‌های بازگشت مختلف، حوضه‌های بزرگ‌تر مانند حوضه شماره ۱۰ بیشترین دبی سیلابی را دارند، درحالی‌که حوضه‌های کوچک‌تر مانند حوضه شماره ۱، میزان سیلاب کمتری را در دوره‌های بازگشت مختلف تجربه می‌کنند. این نتایج نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین مساحت حوضه و حجم سیلاب تولیدی است. بر اساس دبی سیلابی و ویژگی‌های فیزیکی هر حوضه، کانال‌های با ابعاد مختلف برای هر زیر حوضه طراحی شد. طبق این محاسبات، کانال‌های عمیق‌تر و عریض‌تر برای حوضه‌های بزرگ‌تر توصیه شد تا از بروز مشکلات سیلابی در زیرساخت‌های آزادراه جلوگیری شود.

نتایج کلی حاکی از آن است که زیر حوضه‌ها بر اساس ویژگی‌های طبیعی و زمین‌آماری خود می‌توانند دارای رفتار هیدرولوژیکی متفاوت از دیگر واحدها بوده و طبیعتاً دارای میزان رواناب تولیدی متفاوت با دیگر واحدها خواهد بود که این ویژگی باعث می‌شود از هر واحد انتظار رفتار هیدرولوژیکی خاصی داشته باشیم. همچنین مطالعه نشان داد که ویژگی‌های فیزیکی و هندسی حوضه‌های آبریز تأثیر قابل‌توجهی بر رفتار سیلابی و ویژگی‌های هیدرولوژیکی هر حوضه دارد در مطالعات هیدروژئومورفولوژی پیشنهاد می‌شود از حوضه‌های آبریز به‌عنوان واحدهای کاری برای تحلیل‌ها استفاده گردد تا زمینه تمرکز و ایجاد رویکرد اولویت‌بندی در مطالعات فراهم شود. این امر به‌خصوص در کشورهای جهان سوم به دلیل کمبود نیروی متخصص و منابع مالی می‌تواند رویکردی مناسب باشد. استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی پیشرفته برای تحلیل دقیق‌تر دبی سیلاب و پتانسیل تولید رواناب در هر زیر حوضه نیز راهکار مناسبی جهت بررسی وضعیت سیلاب منطقه می‌تواند محسوب شود.

### حامی مالی

این پژوهش با حمایت و مساعدت مالی شرکت احداث و نگهداری و بهره‌برداری و انتقال آزادراه قطعه شش ارومیه - تبریز به شماره طرح ۱۱۵، انجام شده است. بدین‌وسیله نهایت سپاس و قدردانی را ابراز می‌نماییم.

### سهام نویسندگان

در پژوهش نویسندگان در تمامی مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشته‌اند.

### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در ارتباط با نویسندگی یا انتشار مقاله ندارند.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان از تمامی کسانی که در انجام پژوهش حاضر یاری رسانده بوده‌اند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقاله را عهده‌دار بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

## منابع

- امیدی ارجنکی، مجید؛ ظریف صنایعی، حامد رضا و حیدرزاده، هیثم. (۱۴۰۰). بررسی عملکرد و تعیین ابعاد بهینه شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی با استفاده از مدل SWMM. *نشریه مهندسی عمران/میرکبیر*، ۵۳ (۶)، ۲۵۶۱-۲۵۸۰.
- بدیعی زاده، سامان. (۱۳۹۱). تعیین ابعاد بهینه شبکه زهکشی از طریق شبیه‌سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل SWMM در شهر گرگان، استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری و شیلات و محیط‌زیست.
- راستگو، سعید؛ قهرمان، بیژن، ثنایی نژاد، حسین، داوری، کامران و خدانشناس، سعیدرضا. (۱۳۸۵). برآورد فرسایش و رسوب حوضه تنگ کنشت با مدل‌های تجربی MPSIAC و EPM به کمک GIS. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۹۱-۹۰، ۱۰۴.
- وزارت راه و ترابری. (۱۳۸۴). راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آب‌های سطحی. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین‌شناسی عمومی برگه اسکو مقیاس: ۱:۱۰۰۰۰۰.
- علیزاده، امین. (۱۳۹۰). اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سی‌وسه. مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع).
- قهرمان، بیژن و لطفی، میثم. (۱۳۸۸). کارایی مدل‌های هیدروگراف واحد در تعیین هیدروگراف سیلاب، گزارش نهایی، طرح تحقیقات کاربردی شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان شمالی، ص ۱۳۰.
- قهرمان، بیژن و سپاس خواه، علیرضا (۱۳۶۹). تخمین رابطه شدت-تناوب بارندگی در ایران با استفاده از باران یک‌ساعته ده سال. *مجموعه مقالات سومین کنگره بین‌المللی مهندسی راه و ساختمان*.
- کاظمی محسن‌آبادی، سعید. (۱۳۹۵). شبیه‌سازی عددی مدل ماسکینگام چندخطی در مقاطع نعل اسبی. *نشریه سد و نیروگاه برق‌آبی*، ۳(۱۵)، ۳۵-۴۴.
- کیانی، سارا و پوربشیر، محسن. (۱۳۹۷). پایش و بررسی علل تغییرات زمانی و مکانی بستر رودخانه بالهارود بر اساس پارامترهای هندسی. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۸ (۴۹).
- کیانی، سارا و یوسفی، زهرا (۱۳۹۶). نقش گسل فعال در سطح تراز آب زیرزمینی حوضه شهرچای ارومیه. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۷ (۴۷).
- محمودزاده، حسن؛ امامی کیا، وحید، و رسولی، علی‌اکبر. (۱۳۹۶). ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۳۰ (۱).
- معافی رابری. حسن. (۱۳۹۱). طراحی بهینه ابعاد سیل برگردان مبتنی بر ویژگی حوضه آبخیز بالادست (مطالعه موردی: سیل برگردان غرب تهران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- یوسفی، علی؛ خلیلیان، صادق و بلالی، حمید. (۱۳۹۲). بررسی اهمیت منابع آب در اقتصاد ایران با استفاده از الگوی تعادل عمومی. *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۲۵ (۱)، ۱۰۹-۱۲۰.

## References

- Alizadeh, A. (2013). *principles of applied hydrology*. 33rd edition, Astan Quds Razavi Publications: Mashhad Imam Reza University. [In Persian].
- Badiaei Zadeh, S. (2012). *Determining the Optimal Dimensions of the Drainage Network through Simulation of Surface Runoff Using the SWMM Model in the City of Gorgan, Golestan Province*. Master's Thesis, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Fisheries and Environmental Sciences. [In Persian].
- Geological Survey & Mineral Explorations of Iran (GSI). general geological map of Esco sheet, scale: 1:100000. [In Persian].

- Ghahraman, B., & Sepaskhah, A. (1990). Estimation of the Intensity-Duration Relationship of Precipitation in Iran Using Ten Years of One-Hour Rainfall Data. *Proceedings of the Third International Congress on Road and Building Engineering*. [In Persian].
- Ghahraman, B., & Lotfi, M. (2009). *Efficiency of Unit Hydrograph Models in Determining Flood Hydrographs*. Final Report, Applied Research Project of Khorasan North Regional Water Company, p. [In Persian].
- Jafari Shahdani, F., Matos, J.C. & Ribeiro, P. (2023). A systematic literature review of the hybrid methodologies in assessing flood indirect impacts on transportation. *Applied Sciences*, 13(9), p.5595. <https://doi.org/10.3390/app13095595>
- Kazemi Mohsenabadi, S. (2017). Numerical Simulation of Multilinear Muskingum Method in Horseshoe Shape Cross sections. *Iranian Dam and Hydroelectric Powerplant*, 3(11), 35-43. [In Persian].
- Khahraman, B., & Lotfi, M. (2018), efficiency of single hydrograph models in determining flood hydrograph, final report. *applied research project of Regional Water Company of North Khorasan*.p: 130. [In Persian].
- Kiani, S., & Pournashir Hir, M. (2018). Analyzing the hydro-morphological indicators of the Balharoud river with the aim of determining the trend and causes of riverbed change. *Jgs*, 18 (49), 111-125. [In Persian].
- Kiani, S., & Yousefi, Z. (2017). Effect of active faults in the groundwater level of Shaharchay basin in Urmia. *Jgs*, 17 (47), 61-75. [In Persian].
- Mahmood Zadeh, H., Emami Kia, V., & Rasooli, A. (2015). Micro Zonation of Flood Risk in Tabriz Suburb with using Analytical Hierarchy Process. *GeoRes*, 30 (1), 167-180. [In Persian].
- Maafi Rabori, H. (2012). *Optimal Design of Flood Diversion Dimensions Based on the Characteristics of the Upstream Watershed (Case Study: Western Tehran Flood Diversion)*. Master's Thesis, Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. [In Persian].
- Ministry of Roads & Urban Development. (2004). Guide for the design and implementation of the surface water drainage system. [In Persian].
- Omidi Arjenaki, M., Zarif Sanayei, H. R., & Heidarzadeh, H. (2021). Investigation of Performance and Determination of Optimal Dimensions of Surface Runoff Collection Network Using SWMM Model. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 53(6), 2561-2580. doi: 10.22060/ceej.2020.17452.6565. [In Persian].
- Ragab, R., Bromley, J. (2010). IHMS—Integrated Hydrological Modelling System. Par:1, Hydrological processes and general structure. *Hydrological Processes*, 24 (19), 2663-2680. <https://doi.org/10.1002/hyp.7681>
- Rastgoo, S., Ghahraman, B., Sanei Nejad, H., Davary, K., & Khodashenas, S.R. (2006). Estimation of Erosion and Sedimentation of Tang-e-Kenesht Basin with Empirical Models of MPSIAC and EPM Using GIS. *Journal of Crop Production and Processing*, 10 (1), 91-105. [In Persian].
- Sohn, J. (2006). Evaluating the significance of highway network links under the flood damage: An accessibility approach. *Transportation research part A: policy and practice*, 40(6), 491-506. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.08.006>
- Thilagavathi, G., Tamilenth, S., Ramu, C., & Baskaran, R. (2011). Application of GIS in flood hazard zoning studies in Papanasam, Taluk, Thanjavur District, Tamilnadu. *Advances in Applied Science Research*, 2(3), 574-585.
- Wang, W. (2024). Flood impacts and adaption for transportation (No. EGU24-5529). *Copernicus Meetings*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-5529>
- Wei, Z., Tian, L., & Meihong, D. (2015). Uncertainty assessment of water quality modeling or a smallscale urban catchment using the GLUE methodology: a case study in Shanghai, China. *Environ Sci Pollut Res*, 22(12), 9241-9249. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4085-7>
- Yin, J., Yu, D., Yin, Z., Liu, M. & He, Q. (2016). Evaluating the impact and risk of pluvial flash flood on intra-urban road network: A case study in the city center of Shanghai, China. *Journal of hydrology*, 537,138-145. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.037>
- Yousefi, A., Khalilijan, S., & Balali, H. (2011). Strategic Importance of Water in Iranian Overall

Economy: A CGE Modeling Approach. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 25 (1), 109-120. [In Persian].